



CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

E/CONF.39/A/174

12 Nov.1962

ESPAÑOL

ORIGINAL : RUSO

Punto del programa : A.1.1

República Socialista
Soviética de Bielorrusia

EMPLEO DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAFICO
PARA LA EXPLORACION Y VALORACION
DE LOS RECURSOS NATURALES

Por V.N. BRUJANOV,
Ingeniero geólogo

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Véanse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Únicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

EMPLEO DEL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAFICO PARA LA EXPLORACION Y VALORACION DE LOS RECURSOS NATURALES

Por V.N. BRUJANOV, ingeniero geólogo

El levantamiento aerofotográfico empleado en la URSS para explorar los recursos naturales, sobre todo en las regiones menos investigadas, eleva considerablemente la calidad, reduce la duración y el coste de los trabajos. Los materiales del levantamiento aerofotográfico adquieren un valor especial para explorar las regiones poco accesibles como vastos desiertos, sistemas montañosos, macisos de bosques tropicales y subtropicales, etc.

a) Trabajos geológicos

Los materiales del levantamiento aerofotográfico tienen un gran valor para las investigaciones geológicas.

Para los fines de la confección de mapas geológicos están elaborados los parámetros razonables del levantamiento aéreo, que permiten obtener fotografías aéreas que poseen las mejores propiedades de descifrado. Al determinar los parámetros del levantamiento aerofotográfico se toman en cuenta las particularidades de paisaje del territorio, así como la escala y destinación de los trabajos geológicos. La escala del levantamiento aerofotográfico se escoge de acuerdo con la envergadura de las investigaciones geológicas y complejidad de la estructura geológica. Para dibujar los mapas geológicos de la escala 1:200.000, la escala de las fotografías aéreas varía de 1:25.000 a 1:50.000, y dibujando los mapas de la escala 1:50.000, ésta varía de 1:10.000 a 1:25.000.

El tiempo para sacar las fotografías aéreas se elige durante la temporada partiendo de las particularidades del paisaje (presencia de los contrastes más acusados en el humedecimiento de las rocas, de la flora, número de días claros, estado de la atmósfera, etc.).

La hora de día para sacar fotografías aéreas y la selección de la distancia focal de la máquina fotográfica aérea se determinan por las formas del terreno. En las regiones llanas, para destacar las formas del terreno, las fotografías aéreas se sacan en las primeras horas matutinas o en horas vespertinas empleando las máquinas fotográficas de corta distancia focal ($f = 100$); en las regiones montañosas, en las horas próximas al mediodía, con máquina de una distancia focal de 200 y más.

Para localizar las regiones con rocas de colares diferentes se emplea una película aerofotográfica en colores, de tres capas. A veces se emplean claros filtros de luz. En el último caso, la tarea principal consiste en obtener la distinción máxima de colores de las rocas aunque sea un poco acusada, pero la misma durante el vuelo. Para las regiones boscosas o cubiertas de plantas herbáceas, donde las senas geobotánicas desempeñan un papel importante para el descifrado, se emplea la película espectrozonal, donde una de las capas es sensible a la zona infrarroja del espectro.

El coste del levantamiento aerofotográfico sobre la película en colores y espectrozonal es los 10-20% mayor que sobre la película bicolor. Teniendo en cuenta el coste un poco más alto de los materiales fotográficos en colores, las positivas en colores se sacan de la película en colores alternativamente, una si y otra no. En calidad del par estereoscópico par el descifrado se emplean las positivas bicolors.

Todos los trabajos aerofotográficos se efectúan empleando aparatos especiales que aseguran la posición planimétrica de la fotografía y la altura precisa de vuelo del avión al sacar las fotografías (instalación hidroestabilizadora, estatoscopio y radioaltímetro).

El descifrado de las fotografías aéreas se efectúa en conjunto con investigaciones terrestres y se verifica en tres etapas: antes de realizar los trabajos de campaña, durante éstos y al revisar definitivamente los materiales. Además, la metodología aprobada en la URSS prevé la exploración terrestre de todo el territorio y no de las zonas claves separadas, como se practica a menudo en otros países. Esto asegura una valoración mucho más completa de la región desde el punto de vista de perspectivas para diferentes tipos de yacimientos.

Salvo las fotografías aéreas, al efectuar el descifrado geológico, se emplean esquemas y croquis fotográficos, dibujados en la escala del vuelo, y reproducciones de éstos disminuidas hasta la escala próxima a la escala de los trabajos que se realizan.

Los métodos de análisis de las fotografías aéreas se basan en el principio de efectuar el descifrado desde el punto de vista de paisaje, lo que es de importancia particular para la investigación de las regiones poco desnudas. Con esto se estudia y se analiza minuciosamente la relación de las formas del terreno y de la flora con el substrato geológico, se aprecia su significación geoindicativa para una región concreta, se revela la dependencia de las formas del terreno y de los movimientos neotectónicos. El descifrado complejo a base de paisaje permite dibujar los mapas geológicos de las regiones poco desnudas y de acceso difícil, con gastos mínimos para los trabajos de perforación y laboreo de minas.

Esto es de particular importancia para investigar las regiones de desarrollo de estructuras petrolíferas cerradas. Es sabido que unos 70% de los yacimientos petrolíferos mundia-

les están ligados con las estructuras enterradas de tipo plataforma, situadas en una profundidad considerable. En relación con esto se ha divulgado el método de identificación de las estructuras enterradas por indicios indirectos que se descifran en las fotografías aéreas: por formas del terreno, red fluvial, dibujo, grietas, tono de la imagen fotográfica, distribución de la flora, etc.

Este método se ha justificado por completo durante las investigaciones de las regiones boscosas y de bosques y estepas de la Ucrania y Bielorrusia, de las regiones semi-desiertas de la Kazajia occidental y Tukrmenia, etc.

El descifrado visual (calitativo) de las fotografías aéreas, empleando el estereoscopio, es acompañado de mediciones instrumentales en éstas. El diseñado y la fabricación de los instrumentos para estos fines prevé la posibilidad de su empleo por geólogos que no tienen una preparación fotogramométrica especial, lo que permite emplearlos ampliamente durante los trabajos geológicos.

De los instrumentos más usuales es necesario fijarnos en los dos.

El instrumento fotogramométrico más sencillo es la paleta del geólogo descifrador (fig.1). Es de simple estructura, portátil y puede emplearse directamente en condiciones de campana.

La paleta permite medir por las fotografías aéreas, sin emplear el estereoscopio, el desnivel de un punto del terreno respecto a otro, con una precisión de $1/500$ a $1/700$ de la altura en la que se sacan fotografías, y determinar los elementos de disposición de las capas con una precisión que, por regla general, es un poco superior a la de la brújula de montana.

Para efectuar mediciones en condiciones de laboratorio se emplea estereómetro geológico (fig.2). Este instrumento sirve para resolver un conjunto de problemas: identificar los elementos de yacimiento de las rocas, determinar las pendientes del terreno, el espesor de las capas, los desniveles de un punto respecto a otro; trazar sobre la fotografía aérea las proyecciones de salida a la superficie de la capa horizontal o monoinclinada. El estereómetro geológico permite medir el grosor de las capas y los desniveles con una precisión de $1/800$ a $1/1000$ de la altura del levantamiento aerofotográfico. El error medio cuadrático, al medir los ángulos de caída, es igual a $1,2^\circ$, y la precisión en determinar el azimut de la extensión de las capas con los ángulos de caída superiores a 5° , es de 3 a 5° .

Los mapas geológicos confeccionados con el amplio empleo de los resultados del descifrado, son altamente precisos según el dibujado y la argumentación de los perfiles, mientras que los gastos de tiempo para su confección son $1,5$ veces menores en comparación con el dibujado de los mapas por métodos terrestres ordinarios.

Las fotografías aéreas prestan mucha ayuda al efectuar los trabajos de prospección.

Uno de los objetivos es la prospección directa de yacimientos. En este caso los indicios directos de descifrado para la prospección son el cambio del tono o color en la fotografía aérea, así como las formas específicas del terreno. De este modo se puede contar con la revelación de algunos yacimientos tales como hulla, mineral de hierro y manganeso, materiales de construcción. En algunos casos, especialmente al descifrar las fotografías aéreas en colores, pueden verse minerales de cobre, capas de hierro sobre los yacimientos de polimetales, zonas de desarrollo de la corteza de intemperismo en macizos de hiperbasitos, a los cuales suele acompañar la mineralización de níquel, etc.

Sin embargo, de más amplio empleo son los indicios de descifrado indirectos. Así, por las fotografías aéreas pueden identificarse zonas de desarrollo de los filones de roca eruptiva y rupturas en intrusiones, igual como otras particularidades de estructura de los plutones de granita que puedan ser zonas de concentración de yacimientos. Con igual nitidez se descifra a menudo en todos los pormenores las estructuras plegadas en formaciones sedimentarias, lo que es de primordial importancia para los geólogos petroleros. Al buscar los placeres minerales es posible, ya en el período del descifrado preliminar de laboratorio, basándose en el conocimiento del régimen hidrodinámico del río, determinar las zonas enriquecidas de minerales de la fracción pesada, calcular el espesor del aluvión guijarro en cualquier parte del cauce o valle y proyectar con orientación los trabajos de prospección y exploración ulteriores. El empleo de los métodos geobotánicos permite servirse de la flora como de un indicador de tales o cuales elementos químicos que haya en la tierra.

El empleo de las fotografías aéreas durante los trabajos de investigación geológica hace correcciones esenciales en la metodología de su realización. En vez del curso ordinario de los trabajos: manifestación del mineral - yacimiento - campo del mineral, el geólogo tiene la posibilidad de examinar en un plazo relativamente reducido los alrededores de la zona que se investiga, revelar si hay zonas adyacentes con estructuras próximas a la que se explora y, trazando una cantidad mínima de itinerarios, ya en el inicio de los trabajos tener una idea sobre la estructura del campo del mineral en total. El empleo de las fotografías aéreas permite sustituir los caros trabajos topográficos y geodésicos de confección de mapas de escala grande, de determinación de cotas de los horizontes de referencia, excavaciones, pozos de perforación puntos de observación geológicos y geofísicos, valiéndose de los procedimientos fotogramétricos más rápidos y baratos.

Se resuelven bastante simple y precisamente los problemas de identificación en el terreno de cualquier punto de la fotografía aérea.

Las fotografías aéreas ocupan un lugar particular al estudiar la estructura geológica del fondo del mar en las zonas de poca profundidad. Los trabajos efectuados en el mar Caspio han mostrado que valiéndose de las fotografías

aéreas es posible determinar la composición substancial de las rocas, condiciones de su yacimiento, formas y carácter de plegamientos y rupturas. La fotografía aérea del fondo marítimo se efectúa sobre la película ortocromática PP-1 ó PP-3 empleando los filtros de luz amarillos oscuros, con la altura del sol no inferior a 15-20° sobre el horizonte, y a medida de posibilidades, la bonanza y transparencia suficiente del agua.

b) Estudio del suelo

El descifrado de las fotografías aéreas, al confeccionar los mapas de suelo, guarda los procedimientos principales de los trabajos terrestres, pero el volumen de los trabajos de campana se reduce considerablemente y la calidad de los mapas va mejorándose cada vez más. Las fotografías aéreas permiten analizar con mayor profundidad la relación mutua entre los componentes del paisaje, formas del terreno, flora, diferencias en el humedecimiento de diferentes zonas y muchos otros detalles importantes.

El descifrado comienza con destacar los contornos del suelo por diferencias tonales y cambio del dibujo de la imagen fotográfica. La revelación del suelo en los límites del contorno se verifica estableciendo las causas que acondicionan la diferencia de la imagen fotográfica. Estas causas se decubren por investigaciones terrestres durante el descifrado de campana de las fotografías aéreas.

Se ha establecido que el empleo de los materiales de la fotografía aérea es eficaz para cualquier paisaje, confeccionando los mapas de suelo tanto de escala grande como media. El mayor efecto se logra en las zonas de tundra, de estepas secas y desiertos. En estas regiones el rendimiento de trabajo de los operarios que levantan el terreno, aumenta 2 ó 3 veces. Sin embargo, en las regiones boscosas, basándose en el papel indicador de la flora, el descifrado del suelo puede efectuarse también con bastante eficacia. Un ejemplo de esto pueden ser los trabajos realizados en los últimos años en Bielorrusia y Ucrania.

En las regiones áridas, valiéndose de la flora como del indicador de grado y carácter de la salinidad del suelo, a base del descifrado se dibujan mapas del dinamismo de salinidad, lo que tiene una importancia indudable para la planificación de la puesta en cultivo de los territorios.

De acuerdo con los detalles del mapa de suelo, la escala de la fotografía aérea varía de 1:50000 a 1:25000. Es útil combinar el levantamiento fotográfico de escala pequeña con el de gran escala, efectuándolos por itinerarios en cruz de la extensión de formas del terreno principales, así como en las zonas más complicadas o de interés particular. El período más favorable para efectuar el levantamiento fotográfico suele ser primavera y otoño, y para las regiones puestas en cultivo agrícola, el período entre la labranza y el crecimiento rápido de cereales. Las mejores cualidades poseen las positivas en colores sacadas de la película espectrozonal, porque éstas permiten con mayor seguridad y pormenores efectuar el descif-

rado de los suelos.

c) Estudio de la flora

Las fotografías aéreas dan un rico material tanto para estudiar la flora, como para las investigaciones geobotánicas indicativas. En el último caso el descifrado geobotánico se efectúa como un medio auxiliar obligatorio al realizar las investigaciones geológicas, de suelos, hidrológicas y otras de los recursos naturales.

Las fotografías aéreas se emplean más ampliamente para estudiar bosques.

Al efectuar el cálculo aéreo de los recursos forestales, en calidad de materiales de partida para el descifrado topográfico de contornos, se emplean fotografías aéreas de la escala 1:25000, y más raramente de la escala 1:15000 - 1:10000. Se cambia correspondientemente la escala de trazar las zonas. Más a menudo se emplean fotografías espectrozonales aéreas sacadas en verano.

El cálculo de los recursos forestales durante la organización forestal se efectúa por fotografías aéreas en las que están trazadas de antemano las zonas y descifrada la base topográfica.

Para la organización forestal de I- II categoría la escala aprobada de fotografías aéreas es 1:10000 - 1:15000; de III - IV categoría, 1:20000 - 1:30000. Las mediciones estereofotogramométricas permiten determinar la altura de los árboles y la anchura de las copas con un error cuadrático medio de unos 10-13%.

Las fotografías aéreas dan la posibilidad de reducir el volumen de los trabajos terrestres, trazar más precisamente los márgenes de los tipos diferentes del bosque, acelerar la confección de los mapas. Las fotografías aéreas abren unas amplias perspectivas para el estudio del estado de los bosques en diferentes estaciones.

Al estudiar la flora de las regiones de estepa, semidesiertas y desiertas se emplea el método de paisaje del descifrado que se base en la distinción consecutiva de las unidades territoriales cada vez menores.

Este método permite trazar, en márgenes de una región limitada, bastante razonable, precisa y detalladamente, los límites entre las zonas destacadas, dividiendo los grupos de flora hasta formaciones o conjuntos de asociaciones, distinguir los tipos de pastos y campos agrícolas. Una lista de indicios para el descifrado de los paisajes analógicos permite emplear los materiales, obtenidos para unas regiones, en el estudio de otros territorios de paisaje parecido. De este modo pueden investigarse pastos, campos de heno, etc.

Al estudiar y valorar los recursos de flora de los mares, de hecho sólo el levantamiento aéreo es el que puede proporcionar los contornos verdaderos de las lugares de crecimiento de algas en la zona de poca profundidad y de las

areas de difusión del fitobentosis. El descifrado en este caso se efectúa valiéndose de llaves de analogía teniendo en cuenta el caracter del fondo marítimo y del medio acuoso. De acuerdo con las condiciones de la naturaleza, el levantamiento aerofotográfico se efectúa sobre la película ortocromática, pancromática o espectrozonal.

e) Estudio de los recursos acuáticos

Efectuando las investigaciones hidrogeológicas o hidrológicas, el análisis de las fotografías aéreas otorga tales resultados los que no puede proporcionar ningún otro procedimiento.

Al resolver los problemas de abastecimiento de agua de las regiones áridas donde los pozos se alimentan de aguas dulces o poco salobres, en lo principal, a costa de aguas someras, las fotografías aéreas prestan un servicio inapreciable. El descubrimiento de los lentes de aguas someras se verifica estableciendo la relación de los últimos con las formas del terreno y la litología de las rocas y el reflejo de esta relación en la flora. El descifrado ulterior de los lentes de aguas dulces se efectúa valiéndose del metodo de llaves de analogía.

El levantamiento aéreo para los fines hidrológicos en las regiones áridas se realiza sobre la película espectrozonal en el período de mayor distinción de las asociaciones de freatofitos. Teniendo en cuenta que las dimensiones de los lentes de aguas someras son a menudo reducidas, la escala optima para las fotografías aéreas es 1:10000 - 1:15000.

Al estudiar las aguas superficiales se ha quedado establecido ya hace mucho que ningun levantamiento terrestre está en condiciones de reflejar todos los serpenteos caprichosos de las corrientes de agua. El levantamiento aerofotográfico ha solucionado fácil y eficazmente este problema dando la posibilidad de no sólo trazar con la más alta precisión los contornos de la superficie acuosa, sino también restituir estos contornos para diversos épocas y pronosticar los cambios ulteriores de las litorales. Empleando el método fotométrico es posible determinar con bastante precisión la profundidad de los depósitos de agua por el tono de la imagen del fondo si la profundidad del depósito de agua es de 3 a 5 metros. Las formulas obtenidas para tomar en cuenta las tergiversaciones de imágenes de las formas del fondo han dado la posibilidad de determinar la profundidad de los depósitos de agua empleando los procedimientos estereofotogramométricos.

Las nuevas posibilidades de obtener las características de los depósitos de agua se emplean en conjunto con los procedimientos ordinarios. De una parte, éstas sirven para un control objetivo, de otra, permiten efectuar toda clase de interpolación y extrapolación, con la cual los trabajos de levantamiento terrestre, reducidos hasta el mínimo, pueden emplearse en calidad de referencias

Los problemas arriba mencionados no abarcan, sin duda, todas las ramas de empleo del levantamiento aerofotográfico para estudiar y explotar los recursos naturales. Un gran servicio hace este para el estudio del régimen de hielos, para proyectar ferrocarriles y carreteras, conductos, líneas de transmisión eléctrica, etc. Los métodos de ejecución del levantamiento aerofotográfico para diferentes fines económicos y el empleo de las fotografías aéreas para resolver los problemas concretas están elaboradas en la URSS bastante y siguen perfeccionándose cada año más. El trabajo principal está encaminado para perfeccionar aún más estos métodos en el estudio de las regiones menos investigadas y de acceso difícil.

COMPENDIO BIBLIOGRAFICO RECOMENDABLE

Levantamiento aerogeológico de las zonas de baja profundidad del mar Caspio.

Colección de artículos. Redactado por V.V.Sharkov, L., 1958

Métodos aéreos de estudio de los recursos naturales.

Redactado por D.M. Kudritzkiy y G.G.Samoilavitch, M. 1962.

V.M. Bariguin y otros. Empleo de los métodos aéreos para la prospección de los yacimientos nativos de diamantes. Editado por la Academia de Ciencias de la URSS, 1960.

S.V. Belov. Levantamiento aerofotográfico de bosques. Editado por la Academia de Ciencias de la URSS, 1959.

V.N. Brujanov. Vías de empleo de los materiales fotográficos aéreos en colores con fines geológicos. "Razvedka y ojrana nedr", No.2, 1962.

S.V. Victorov, E.A. Vostokova, D.D. Vishivkin. Breve guía para el levantamiento geobotánico. M. 1959.

B.V. Vinogradov. Método aéreo para la confección de mapas de los pastos. "Vestnik selskoj obozrazovatelnoy nauki", No. 11, 1958.

E.A. Galkina, S.S. Guileev, K.E. Ivanov, E.A. Romanova. Empleo de los materiales de levantamiento aerofotográfico para el estudio hidrográfico de pantanos. "Trudy Gosudarstvennogo gidrologicheskogo instituta", ed.13, L., 1949.

L.M. Goldman. Empleo del levantamiento aerofotográfico sobre la película en colores para el estudio del terreno. Trudy ZNIIGAYK, ed.37, 1960.

Empleo de los métodos aéreos para la investigación de los recursos naturales. Colección de artículos. L., 1961.

D.M. Kudritzkiy, I.V. Popov, E.A. Romanova. Principios del descifrado hidrográfico de las fotografías aéreas. L., 1956.

J.A. Liverovskiy. Empleo de los métodos aéreos para el estudio del suelo "Pochvoyedenie" No.6. 1957.

M.N. Petrusavitch. Métodos aéreos para las investigaciones geológicas. M., 1962.

Empleo de los métodos aéreos para las investigaciones geológicas del fondo marítimo. Breve guía metodológica redactada por V.V.Sharkov y D.M. Kudritzkiy, L. 1956.

Guía para la ejecución de vuelos y observaciones en la exploración aérea de hielos. L-M, 1953.

- B.S. Rusanov. Métodos aéreos de confección de mapas geomorfológicas para la prospección de placeres, M. 1951.
- G.G. Samoilovitch. Empleo de aviación y levantamiento aerofotográfico en la economía forestal, M-L, 1953.
- Trudy Vsesoyuznogo aerogeologicheskogo tresta No. No. 1-8, 1955- 62.
- Trudy Laboratory aerometodov t.t. I-X, 1949-61.
- J.M. Trunin. Nuevos instrumentos fotogramétricos para los fines geológicos. "Razvedka y ojrana nedr*", No. 4, 1962.